

PENGARUH PELEPASAN NYAMUK JANTAN MANDUL TERHADAP FERTILITAS DAN PERUBAHAN MORFOLOGI TELUR *Aedes aegypti*

Riyani Setiyaningsih*✉, Maria Agustini*, dan Ali Rahayu**

*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit

Jl. Hasanudin no.123 Salatiga 50721, Jawa Tengah, Indonesia

** BATAN Jakarta

Email:riyanisetia@gmail.com

EFFECT OF RELEASE MALE STERILE MOSQUITO TECHNIQUE TO FERTILITY AND MORPHOLOGICAL CHANGES OF *Aedes aegypti* EGGS

Naskah masuk : 26 Februari 2015 Revisi 1 : 24 April 2015 Revisi 2 : 14 Juli 2015 Naskah diterima : 30 September 2015

Abstrak

*Aplikasi Teknik Serangga Mandul (TSM) merupakan salah satu teknik pengendalian vektor yang bersifat ramah lingkungan dan spesifik target. Keberhasilan pengendalian vektor dengan TSM dapat dilihat dari penurunan populasi vektor. Salah satu parameternya adalah nyamuk jantan steril dapat berkompetisi dengan populasi nyamuk jantan di alam sehingga akan dapat menurunkan populasi nyamuk di alam. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh aplikasi TSM terhadap fertilitas dan perubahan morfologi telur *Aedes aegypti*. Iradiasi sinar gamma nyamuk jantan *Ae.aegypti* dilakukan di BATAN Jakarta dengan menggunakan sinar gamma Co-60. Pelepasan nyamuk jantan *Ae.aegypti* steril dilepaskan sebanyak lima kali setiap minggu. Parameter yang diukur adalah fertilitas telur di luar dan dalam rumah sebelum dan sesudah pelepasan nyamuk jantan *Ae.aegypti* steril dan pengamatan perubahan morfologi telur *Ae.aegypti* setelah aplikasi. Fertilitas telur sebelum pelepasan nyamuk jantan *Ae.aegypti* steril di luar rumah dan di dalam rumah adalah 90,86% dan 87,96%. Setelah pelepasan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima fertilitas telur menjadi 43,73%, 25,81%, 18,84%, 17,37%, dan 6,75%. Sedangkan fertilitas telur di dalam rumah setelah pelepasan nyamuk jantan *Ae.aegypti* steril pertama sampai kelima adalah 62,74%, 18,11%, 17,07%, 13,85%, dan 3,91%. Secara morfologi telur steril setelah pelepasan nyamuk jantan *Ae.aegypti* steril berbentuk mengempis, bercabang dan mengecil.*

Kata kunci : TSM, fertilitas, *Aedes aegypti*

Abstract

*Application of the Sterile Insect Technique (SIT) is a nonpolluting method of vector control species specific and environmentally. For such a strategy to be effective sterile roles can be competitive enough against wild male to fulfil their function to reducing wild mosquito population in nature. The aims of the study were to determine the SIT effect to fertility and morphological changes of *Aedes aegypti* eggs. Male *Ae. aegypti* irradiation was performed in BATAN Jakarta using Co-60 gamma ray (70Gy). The release of sterile males *Ae. aegypti* mosquito were performed five times each week. Parameters measured were fertility of eggs collected outdoor and indoor before and after the release of sterile males mosquito and *Ae. aegypti* eggs morphological changes were observed after application. The results showed that the eggs fertility of *Ae. aegypti* outdoor and indoor were 90,86% and 87,96% respectively. After the release of the first, second, third, fourth, and fifth fertility of eggs become 43,73%, 25,81%, 18,84%, 17,37%, and 6,75%. While the fertility of eggs inside the house after the release of the first to fifth of sterile males *Ae. aegypti* mosquito were 62,74%, 18,11%, 17,07%, 13,85%, and 3,91%. The morphology of sterile eggs after release of sterile males of *Ae. aegypti* mosquito were deflated shaped, branched and smaller.*

Keywords: SIT, fertility, *Aedes aegypti*

PENDAHULUAN

Teknik Serangga Mandul (TSM) merupakan salah satu teknik pengendalian vektor secara genetik dengan cara mensterilkan atau memandulkan serangga sasaran kemudian dilepaskan ke alam supaya terjadi perkawinan dengan serangga di alam. Diharapkan hasil perkawinan diperoleh keturunan yang steril, sehingga pelepasan secara bertahap dapat menurunkan populasi (Vloedt, 2010). Aplikasi TSM dalam pengendalian nyamuk dapat dilakukan dengan cara mensterilkan nyamuk jantan kemudian di lepaskan di alam. Proses sterilisasi dapat dilakukan dengan menggunakan sinar gamma Co-60 (Yodav, 2010, Esteva, 2006).

Aplikasi TSM telah berhasil dilakukan dalam pengendalian *Cochliomyia hominivorax* di Mexico dan Libya, lalat buah *Ceratitidis capitata* dan berbagai jenis lalat buah lain di Amerika Serikat, Afrika Selatan, Eropa dan Asia. Pengendalian *Pectinophora gossypiella* telah berhasil dilakukan di Amerika Serikat, demikian pula dalam pengendalian *Cydia pomonella* di Kanada. Aplikasi TSM pada nyamuk telah berhasil dilakukan pada *Anopheles gambiae*, di Brazil, *Aedes aegypti* di Amerika dan Kuba (Alphey, 2013 dan Thome, 2013). Aplikasi TSM dalam pengendalian vektor DBD Di Indonesia masih dalam tahap pengembangan.

Keberhasilan aplikasi TSM dalam pengendalian vektor dapat dilihat dari besarnya penurunan populasi setelah aplikasi. Salah satu parameternya adalah penurunan persentase fertilitas telur. Telur fertil merupakan telur yang mengandung embrio dan dapat menetas. Sedangkan telur steril merupakan telur yang tidak mengandung embrio dan tidak dapat menetas. Telur steril hasil aplikasi TSM merupakan telur hasil pembuahan sel-sel sperma steril dengan sel telur betina normal (Clements, 1963 dan Helinski, 2008). Penelitian Setyaningsih, (2015) dalam melihat pengaruh radiasi sinar gamma Co-60 terhadap *Culex quinquefasciatus* menemukan adanya pengaruh variasi dosis sinar gamma Co-60 terhadap peningkatan sterilitas telur dan terjadi perubahan morfologi telur nyamuk

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pelepasan nyamuk jantan steril *Ae. aegypti* terhadap fertilitas dan perubahan morfologi telur *Aedes aegypti* di daerah endemis DBD di Salatiga.

BAHAN DAN METODE

Tempat/lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di daerah endemis DBD di RW 03 Jetis Timur Kelurahan Sidorejo Lor Salatiga pada tahun 2012.

Cara penelitian

Penelitian dilakukan di daerah endemis DBD di Salatiga berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Salatiga tahun 2011 (Anonim, 2011).

Sebelum pelaksanaan pelepasan TSM dilakukan sosialisasi di lokasi penelitian di Kelurahan Sidorejo Lor Salatiga. Pada proses sosialisasi dihadiri oleh peneliti B2P2VRP, peneliti BATAN, Dinas Kesehatan Salatiga, Kepala puskesmas Sidorejo Lor, tokoh masyarakat, Jumantik, dan warga di daerah penelitian.

Hal yang perlu dilakukan sebelum aplikasi TSM adalah penentuan populasi awal di daerah penelitian. Penentuan populasi awal bertujuan untuk menentukan jumlah *Ae. aegypti* jantan steril yang akan dilepaskan. Penghitungan populasi dilakukan dengan cara survei jentik di kontainer-kontainer dan tempat-tempat yang berpotensi sebagai habitat perkembangbiakan nyamuk *Ae. aegypti* di rumah-rumah penduduk di dalam maupun luar rumah. Pada saat survei dilakukan penghitungan jentik *Aedes aegypti* di tiap kontainer yang diperiksa. Besarnya sampel rumah penduduk yang disurvei adalah 100 rumah. Populasi jentik di daerah penelitian merupakan rata-rata jumlah jentik yang diperiksa pada 100 rumah. Data rata-rata jentik tiap rumah merupakan dasar untuk menentukan jumlah nyamuk jantan steril yang akan dilepaskan. Jumlah nyamuk jantan steril yang dilepaskan adalah sembilan kali rata-rata populasi awal hasil survey (Hendrichs, 2005).

Kolonisasi nyamuk *Aedes aegypti* dilakukan sebelum aplikasi TSM di lokasi penelitian. Kolonisasi bertujuan untuk mendapatkan nyamuk jantan dalam jumlah besar untuk diiradiasi sebelum dilepaskan ke lapangan. Kolonisasi diawali dengan koleksi telur dengan menggunakan *ovitrap* yang dipasang di rumah-rumah penduduk. Setelah satu minggu pemasangan perangkap telur pada *ovitrap* diambil dan ditetaskan di laboratorium. Telur yang sudah menetas menjadi jentik instar satu setelah berumur dua hari dipindahkan ke nampan pemeliharaan yang berukuran 1800 cm³ dengan kepadatan jentik 400-500 ekor /nampan. Selama proses pemeliharaan jentik diberikan makanan berupa *dog food*. Banyaknya makanan yang diberikan disesuaikan dengan besarnya instar jentik. Proses pemeliharaan jentik dilakukan sampai menjadi pupa. Pupa yang muncul selama pemeliharaan diambil dan dimasukkan ke dalam mangkuk kemudian dimasukkan ke dalam kandang nyamuk berukuran 40x40x70 cm.

Nyamuk yang telah muncul di dalam kandang diberikan larutan gula 10% dan darah marmot. Untuk menjaga kelembaban kandang bagian luar kurungan ditutup dengan handuk basah. Proses pemeliharaan nyamuk terus dilakukan sampai diperoleh koloni nya-

muk *Ae. aegypti* yang stabil dan siap untuk melakukan aplikasi TSM. Proses kolonisasi dilakukan di BATAN dengan tujuan untuk mengurangi angka kematian nyamuk selama proses perjalanan dari BATAN Jakarta ke lokasi penelitian.

Nyamuk jantan *Aedes aegypti* hasil kolonisasi sebelum dilakukan iradiasi dengan menggunakan sinar gamma dimasukkan ke dalam *cup* plastik, masing-masing *cup* plastik diisi dengan nyamuk jantan *Ae. aegypti* 45 ekor. Proses iradiasi dilakukan di ruang iradiator di BATAN Jakarta. Nyamuk yang telah diiradiasi kemudian dimasukkan di dalam box dan dijaga kelembabannya dengan menggunakan handuk basah. Proses pembawaan nyamuk yang telah diiradiasi ke lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan bus oleh petugas dari BATAN Jakarta.

Parameter penurunan populasi nyamuk *Aedes aegypti* diukur dengan *ovitrap index* di dalam dan di luar rumah sebelum dan sesudah aplikasi TSM. Pemasangan *ovitrap* dilakukan enam kali yaitu sebelum aplikasi TSM, setelah pelepasan jantan steril kesatu, kedua, ketiga, keempat, dan kelima. *Ovitrap* dipasang di 100 rumah penduduk di lokasi penelitian. Pemasangan *ovitrap* awal dilakukan seminggu sebelum aplikasi TSM. Pengambilan telur pada *ovitrap* awal dilakukan setelah lima hari pemasangan *ovitrap*. Pemasangan *ovitrap* untuk pelepasan nyamuk jantan steril tahap kesatu sampai kelima dilakukan setelah tiga hari pelepasan nyamuk jantan steril. Pemeriksaan telur hasil masing-masing pelepasan nyamuk jantan steril dilakukan setelah lima hari pemasangan *ovitrap*.

Pelepasan nyamuk jantan steril dilakukan di tempat-tempat yang berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti*. Pelepasan nyamuk jantan steril dilakukan setiap minggu sebanyak lima kali. Banyaknya nyamuk jantan steril yang dilepaskan adalah 45 ekor/rumah. Sebelum pelepasan nyamuk jantan steril dilakukan pengecekan kondisi nyamuk yang akan dilepaskan. Kriteria nyamuk jantan steril yang dilepaskan adalah nyamuk yang masih bergerak aktif ketika *cup* plastik digerakkan.

Telur hasil penangkapan di *ovitrap* sebelum aplikasi dan setelah pelepasan jantan steril pertama sampai kelima

dihitung di bawah mikroskop dengan menggunakan *counter*. Telur hasil penghitungan dianggap sebagai total telur yang dihasilkan. Total telur pada masing-masing *ovitrap* kemudian ditetaskan pada gelas plastik selama \pm satu minggu. Setelah masa penetasan diamati telur *fertil* dan telur *steril*. Telur *fertil* adalah telur yang menetas selama proses penetasan, sedangkan telur *steril* adalah telur yang tidak dapat menetas setelah proses penetasan dan tidak mengandung embrio ketika dilakukan pembedahan telur. Selain itu telur *steril* juga dapat berupa telur *Aedes aegypti* yang sudah mengalami perubahan morfologi. Presentase fertilitas telur dihitung dengan menggunakan rumus:

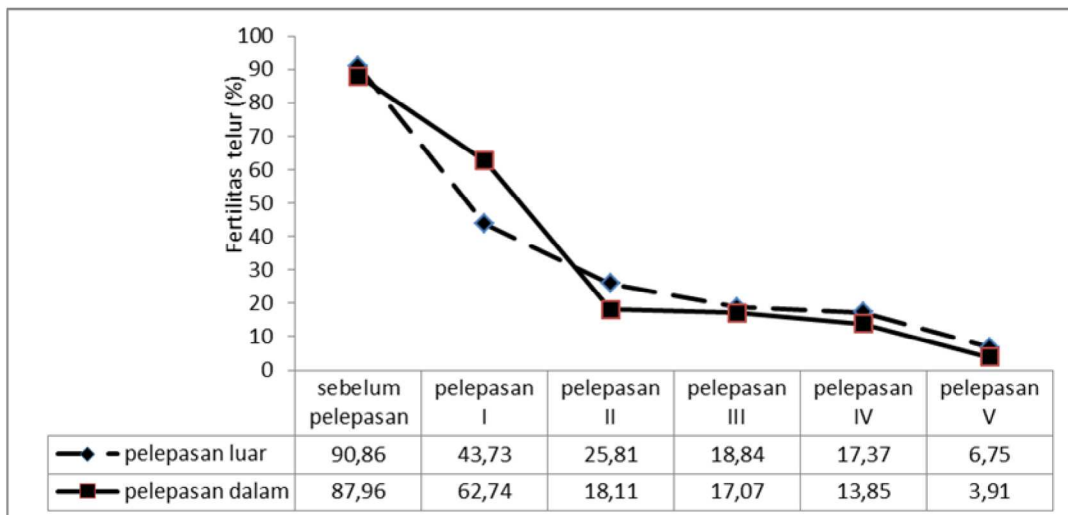
$\frac{\text{Jumlah telur yang menetas (fertil) pada masing-masing ovitrap}}{\text{Total telur yang terdapat dalam ovitrap}} \times 100\%$
--

Telur *fertil* dan *steril* setelah penetasan telur kemudian diamati perubahan morfologinya dengan menggunakan mikroskop *compound*. Pengambilan gambar morfologi telur nyamuk *Aedes aegypti* dilakukan dengan menggunakan kamera *Sony Corp Digital Camera* No.DSC-S650.

Analisa data uji pengaruh aplikasi TSM terhadap fertilitas telur dilakukan dengan menggunakan Uji Anova, dan pengamatan perubahan morfologi telur dilakukan secara deskriptif.

HASIL

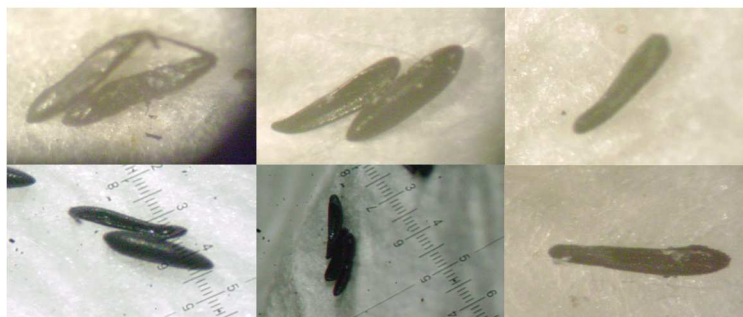
Hasil penelitian menunjukkan ada pengaruh aplikasi TSM terhadap fertilitas telur ($p=0,00$). Aplikasi TSM dapat menurunkan fertilitas telur baik di luar maupun di dalam rumah. Fertilitas telur di luar rumah sebelum aplikasi TSM adalah 90,86%. Fertilitas telur setelah pelepasan nyamuk jantan steril *Ae. aegypti* pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima masing-masing adalah 43,73, 25,81, 18,84, 17,37, dan 6,75%. Penurunan fertilitas telur juga terjadi pada aplikasi di dalam rumah. Hal ini dapat dilihat sebelum aplikasi TSM fertilitas telur 87,96%, setelah pelepasan pertama sampai kelima fertilitas menurun masing-masing menjadi 62,74, 18,11, 17,07, 13,85, dan 3,91%. (Gambar 1).



Gambar 1. Fertilitas telur di luar dan di dalam rumah sebelum dan sesudah pelepasan jantan steril di daerah endemis DBD di Salatiga tahun 2012.

Pelepasan nyamuk jantan *Ae. aegypti* steril menyebabkan beberapa perubahan morfologi telur steril yang dihasilkan. Berdasarkan bentuk morfologinya dibedakan dalam beberapa katagori yaitu, mengempis, bercabang, dan mengecil (Gambar 2, 3, dan 4).

Pada variasi bentuk morfologi telur steril bercabang, terdapat berbagai macam bentuk diantaranya telur steril dengan bagian satu ujung bercabang, kedua bagian ujung bercabang, dan banyak cabang pada bagian sisi telur (Gambar 4).



Gambar 2. Variasi perubahan morfologi telur steril *Aedes aegypti* (telur mengempis) setelah aplikasi TSM di daerah endemis DBD di Kota Salatiga tahun 2012.



Gambar 3. Variasi perubahan morfologi telur steril *Aedes aegypti* (telur mengecil) setelah aplikasi TSM di daerah endemis DBD di Kota Salatiga tahun 2012.



Gambar 4. Variasi perubahan morfologi telur steril *Aedes aegypti* (telur bercabang) setelah aplikasi TSM di daerah endemis DBD di Kota Salatiga tahun 2012.

Pada kondisi normal perkawinan antara *Aedes aegypti* jantan normal dengan betina normal dapat juga dihasilkan telur yang mengalami perubahan morfologi dengan presentase yang lebih kecil jika dibandingkan dengan perkawinan antara nyamuk jantan steril dengan nyamuk betina normal. Ciri-ciri telur normal/fertil adalah secara morfologi tidak mengalami perubahan bentuk dan jika dilakukan pembedahan akan ditemukan embrio (Gambar 5).

Penurunan jumlah telur *fertil* setelah aplikasi jantan *steril* karena terjadinya perkawinan *Ae. aegypti* jantan *steril* dengan betina normal di alam. Nyamuk jantan *steril* akan mentransfer sperma *steril* ke spermateka sehingga dihasilkan telur yang steril (Helinski, 2008). Sperma steril pada nyamuk jantan disebabkan karena proses iradiasi sinar *gamma* pada stadium pupa maupun pada nyamuk jantan muda (Oliva, *et al*, 2013). Iradiasi pada stadium



Gambar 5. Morfologi telur *Aedes aegypti* hasil perkawinan nyamuk jantan dan nyamuk betina normal. Morfologi telur normal (1), telur mengalami perubahan morfologi (2), dan embrio telur *Ae.aegypti* (3).

PEMBAHASAN

Pelepasan nyamuk jantan *Aedes aegypti* steril berpengaruh terhadap presentase fertilitas telur. Hal ini dapat dilihat data presentase fertilitas telur sebelum dan sesudah pelepasan jantan steril. Tingginya presentase fertilitas telur sebelum aplikasi TSM disebabkan sperma yang ditransfer nyamuk jantan ke spermateka betina pada proses perkawinan merupakan sperma yang normal. Pertemuan sperma normal dengan sel telur pada nyamuk betina akan menghasilkan telur yang *fertil* (Clements, 1963).

pupa atau nyamuk muda memperbesar terbentuknya sperma steril karena pada stadium ini terjadi proses *spermatogenesis*. Pada proses *spermatogenesis* terjadi pembelahan sel secara cepat sehingga apabila terkena radiasi sinar *gamma* menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada sperma sehingga presentase sperma steril lebih besar (Helinski, 2009). Jika dilihat secara morfologi sperma *steril* mempunyai kepala kecil, ekor pendek dan kurang bergerak, sedangkan sperma normal mempunyai kepala lebih besar, ekor panjang dan lebih aktif bergerak (Helinski, 2008).

Penurunan fertilitas telur juga menunjukkan kemampuan *Ae. aegypti* jantan *steril* dalam bersaing dengan *Ae. aegypti* jantan normal di alam dalam mendapatkan pasangan untuk melakukan perkawinan. Daya saing kawin yang tetap tinggi menunjukkan bahwa dosis iradiasi *gamma* Co-60 yang diberikan pada stadium nyamuk tidak berpengaruh terhadap kemampuan daya saing kawin. Setiap spesies mempunyai dosis iradiasi sinar *gamma* optimal untuk dapat mensterilkan telur tetapi tidak mempengaruhi daya saing kawin nyamuk (Nuhayati, 2008, Hosada, 1972 dan Helinski, 2008). Dosis iradiasi sinar *gamma* selain berpengaruh terhadap sterilitas dan daya saing kawin nyamuk juga berpengaruh terhadap kemunculan pupa menjadi nyamuk dan produktivitas nyamuk (Helinski, 2006). Semakin tinggi dosis iradiasi *gamma* yang diberikan akan berpengaruh terhadap sterilitas, kemunculan nyamuk menjadi pupa, daya saing kawin produktivitas dan umur nyamuk. Tingginya dosis iradiasi *gamma* yang diberikan dapat berpengaruh pada umur nyamuk karena pada proses iradiasi selain mempengaruhi proses *spermatogenesis* juga dapat merusak sel-sel somatik. Semakin banyak sel-sel yang rusak akan memperpendek umur nyamuk (Curtis, 1976, Abdel, 1967 dan Hendrich, 2005).

Faktor yang lain yang dapat menyebabkan penurunan fertilitas adalah kemampuan *Ae. aegypti* untuk melakukan perkawinan lebih dari satu kali (Clements, 1963). Ketepatan waktu dan tempat pelepasan juga berpengaruh terhadap keberhasilan aplikasi TSM dalam menurunkan fertilitas telur. Dalam penelitian ini untuk memperbesar peluang terjadinya perkawinan nyamuk jantan *Ae. aegypti* steril dengan nyamuk betina di lapangan pelepasan dilakukan di sekitar tempat-tempat perkembangbiakan *Ae. aegypti* di dalam rumah dan dilakukan pada pagi hari. Tempat-tempat yang berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan *Ae. aegypti* antara lain tempat-tempat penampungan air, penampungan dispenser, penampungan kulkas, tempat minum burung, vas bunga, drum dan lainnya (Maciel, 2007 dan Zuhriyah, 2012).

Penebaran *Ae. aegypti* jantan steril selain berpengaruh terhadap penurunan fertilitas telur juga berdampak pada perubahan morfologi telur *steril* yang dihasilkan. Struktur telur nyamuk terdiri dari dua lapis yaitu *exochorion* dan *endochorion*. *Exochorion* tipis dan mudah mengalami kerusakan. Pada *Ae. aegypti exochorion* dapat tahan terhadap kekeringan dan mengambil air dari atmosfer. Pada saat peletakan telur *Ae. aegypti endochorion* berbentuk lunak, permukaannya putih setelah satu atau dua jam akan

berubah menjadi keras dan hitam (Clements, 1963). Perubahan bentuk morfologi telur *steril Ae. aegypti* hasil perkawinan *Ae. aegypti* jantan steril dengan betina normal di alam menunjukkan adanya perubahan struktur dari *exochorion* dan *endochorion* yang melindungi embrio. Perubahan struktur ini dapat menyebabkan telur *Ae. aegypti* dapat mengempis ataupun bercabang-cabang. Perubahan struktur lapisan yang melindungi embrio menyebabkan embrio tidak dapat berkembang atau tidak memungkinkan terjadinya pembuahan.

Penurunan fertilitas telur menunjukkan terjadinya penurunan populasi vektor di alam sehingga dapat memperkecil terjadinya penularan penyakit yang disebabkan oleh nyamuk. Di beberapa negara aplikasi TSM dapat menurunkan beberapa populasi vektor. Aplikasi TSM telah dilakukan di Brazil dalam pengendalian *Anopheles gambiae*. Pengendalian *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus* juga dilakukan di Kuba dan Amerika. Di Singapura upaya penurunan populasi *Ae. aegypti* pada tingkat yang tidak membahayakan dapat menurunkan kasus DBD (Alphey, 2010).

Berdasarkan pengamatan selama aplikasi TSM terjadi penurunan fertilitas telur dari pelepasan jantan steril pertama sampai kelima. Penurunan fertilitas telur terjadi di dalam maupun di luar rumah. Secara umum penurunan fertilitas telur di dalam rumah lebih tinggi jika dibandingkan dengan di luar rumah. Tingginya penurunan fertilitas di dalam rumah menunjukkan bahwa populasi *Ae. aegypti* banyak di temukan di dalam rumah jika dibandingkan di luar rumah.

Perubahan morfologi telur fertil selama proses pelepasan jantan steril terjadi baik di dalam dan luar rumah. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan aplikasi TSM dengan metode melepaskan nyamuk jantan steril di dalam rumah di sekitar tempat perkembangbiakan nyamuk *Ae. aegypti* juga berhasil melakukan perkawinan dengan nyamuk *Ae. aegypti* normal di luar rumah dan hasil perkawinan diperoleh telur steril yang mengalami perubahan morfologi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Aplikasi Teknik Serangga Mandul (TSM) dalam pengendalian vektor DBD berpengaruh terhadap fertilitas dan perubahan morfologi telur *Ae. aegypti*.

Saran

Perlu dilakukan pengamatan lebih lanjut tentang presentase telur steril yang mengalami perubahan morfologi setelah aplikasi TSM

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala B2P2VRP Salatiga, Kepala PATIR BATAN Jakarta, Kepala Dinas Kesehatan Salatiga, Kepala Puskesmas Sidorejo Lor, segenap peneliti dan tehnisi B2P2VRP Salatiga dan segenap peneliti (Pak Ali dan Pak Budi) dan tehnisi (Pak Muklas, dan Pak Dodon) PATIR BATAN Jakarta, dan masyarakat setempat sehingga penelitian ini dapat dilakukan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Malex, A.A., Tantawy, A.O and Wakid, A.M. 1967. Studies on the eradication of *Anopheles pharoensis* Theobald by the Sterile Male Technique Using Cobalt-60. III Determination of the Sterile Dose and its Biological Effects on Different Characters Related to Fitness Components. Journal Econ Entomology vol 60 no 1.
- Alphey, L., Benedict, M., Bellini, R., Clark, G.G., Dame, D.A., Service, M.K., and Dobson, S.L. 2010. Sterile-Insect Methods for Control of Mosquito-Borne Diseases: [cited 23 Juli 2013] Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2946175>
- Anonim, 2011. Laporan tahunan Dinas Kesehatan Kota Salatiga tahun 2011.
- Clements, A.N. 1963. The Physiology of Mosquitoes. A Pergamon Press Book. New York.
- Curtis, C.F. 1976. Radiation Sterilization. Report on Mosquito Research. Ross Institute of Tropical Hygiene. 1976.
- Esteva, L and Yang, H.M. 2006. Control of Dengue Vector by the Sterile Insect Technique Considering Logistic Recruitment. TEMA Tend. Mat. Apl. Comput vol 7(2):259-268
- Helinski, M.E.H., Parker, A and Knols, B.G.J. 2006. Radiation-induced sterility for pupal and adult stages of the malaria mosquito *Anopheles arabiensis*. Malaria Journal n0 5 vol 41
- Helinski, M.E.H., and Knols, B.G.J. 2008. *Sperm quantity and size polymorphism in un-irradiate male of the malaria mosquito Anopheles arabiensis patton* [internet], Available from: <http://edepot.wur.nl/122013> [Accessed 26 Agustus 2010].
- Helinski, M.E.H., and Knols, B.G.J. 2008. *Mating competitiveness of male Anopheles arabiensis mosquitoes irradiated with a partially-or fully-sterilising dose in small and large laboratory cages* [internet], Available from: <http://edepot.wur.nl/122013> [Accessed 26 Agustus 2010].
- Helinski, M.E.H., and Parker, A.G., Knols, B.G.J. 2009. Radiation Biology of Mosquitoes. Malaria Journal vol 8 (2): 1-13.
- Hendrichs, V.A.D.J and Robinson, A.S. 2005. Sterile Insect Technique Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management. Springer.
- Hosada, H. 1972. The Effect of Gamma Irradiation on Fertility and mating Competitiveness of the Mosquito, *Culex pipiens molestus* F (Diptera: Culicidae). Applied entomology and Zoology. Vol 7(3):103-108
- Maciel-de-Freitas, R., Marques, W, A., Peres, R, C., Cunha, S.P., Lourenço de Oliveira, R. 2007. Variation in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) container productivity in a slum and a suburban district of Rio de Janeiro during dry and wet seasons. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 102(4): 489-496.
- Nurhayati, S., Tetriana, D., Rahayu, A., dan Santoso, B. 2008. Pemandulan *Anophele maculatus* sebagai Vektor Penyakit Malaria Dengan Radiasi Gamma Co-60 [internet] Available from: <http://nhc.batan.go.id/documen> [Accessed 11 November 2010].
- Oliva, M, C, F., Jacquet, M., Gilles, J., Lemperiere, G., Maquart, P.O., Quilici, s., Schooneman, F., Vreysen, M, J.B., and Boyer, S. 2013. The Sterile Insect Technique for Controlling Populations of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) on Reunion Island: Mating Vigour of Sterilized Males (<http://www.plosone.org> tanggal 2 Agustus 2013).
- Setiyaningsih, R, Widiarti dan Heriyanto, B. 2015. Pengaruh Radiasi Sinar Gamma Co-60 Terhadap Sterilitas dan Perkembangan emrio *Cx. quinquefasciatus*. Media Penelitian dan pengembangan Kesehatan Vol 25 (1): 51-58
- Thome, R.C.A., Yang H.M., and Esteva L. 2013 Optimal Control of *Aedes aegypti* Mosquitoes by the Sterile Insect Technique and Insecticide: [cited 26 Juli 2013] Available from: <http://www.elsevier.com/locate/mbs>
- Vloedt, A.M.V., and Klasen, W. 2010 The Development and Application of the Sterile Insect Technique (SIT) for New World Scerwworm Eradication: [cited 26 Juli 2010] Available from: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/FEEDback/War/u4220b/u4220b0j.htm>
- Yadav, K, Dhiman, S., Baruah, I and Singh, L. 2010. Effect of Gamma Radiation on Survival and Fertility of Male *Anopheles stephensi* Liston, Irradiated as Pharate Adults. Joournal of Ecobiotechnology vol 2 no 4. 2010.

Zuhriyah La, Habibie IYb, Baskoro Adc. 2012. The Key Container of *Aedes aegypti* in Rural and Urban

Malang, East Java, Indonesia. *Health and the Environment Journal*, 2012, Vol 3. No 3